



BIOCYT Biología, Ciencia y Tecnología, 17, 1236-1251, 2024.

<http://revistas.unam.mx/index.php/biocyt>

<https://doi.org/10.22201/fesi.20072082e.2024.17.87110>

ISSN: 2007-2082




Artículo de investigación



Publicada en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México

Estructura y función de la comunidad de artrópodos terrestres en una zona de manglar en proceso de restauración en la costa norte de Yucatán

Structure and function of the terrestrial arthropod community in a mangrove area under restoration process on the northern coast of Yucatan

Gabriela García-Martínez^{1,1}, Claudia Teutli Hernández^{2,2}  <https://orcid.org/0000-0001-6399-6309>, Jorge Herrera-Silveira^{3,3}  <https://orcid.org/0000-0003-1473-7620>, Jhonny Omar Valdés Iuit^{4,4} y Daniel Arceo-Carranza^{5,4}  <https://orcid.org/0000-0001-9097-3081>

¹Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología, Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación-Sisal, Universidad Nacional Autónoma de México.

²Escuela Nacional de Estudios Superiores Mérida, Universidad Nacional Autónoma de México.

³Laboratorio de Productividad Primaria, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Unidad Mérida, Instituto Politécnico Nacional.

⁴Unidad Multidisciplinaria de Docencia e Investigación, Sisal, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

¹gabagarcia23@gmail.com

²claudia.teutli@enesmerida.unam.mx

³jorge.herrera@cinvestav.mx

⁴jvaldezi@ciencias.unam.mx

⁵darceo@ciencias.unam.mx

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue caracterizar y comparar la estructura y función de los artrópodos terrestres en un sitio de manglar en proceso de restauración contra un sitio de manglar conservado. Los organismos fueron recolectados durante 2018 y 2019 en un sitio de manglar en restauración y un manglar en buen estado de conservación por cada época climática. La recolecta se realizó en cinco transectos de 10 metros en cada sitio mediante tres métodos (recolección manual, red de golpeo, red aérea); los organismos se identificaron taxonómicamente, se clasificaron por grupo funcional y finalmente se observó su relación con el estado de restauración del manglar. Se identificaron 76 especies y morfoespecies, 28 familias y 13 órdenes. Hymenoptera y Araneae fueron dominantes. La diversidad alfa fue mayor en la zona en restauración ($H' = 2.39$) con respecto al sitio conservado ($H' = 1.95$), la equidad tuvo un comportamiento similar ($J' = 0.65$ en sitio en restauración y $J' = 0.49$ en el sitio conservado). La diversidad beta mostró un 19% de similitud entre sitios. El análisis ANOSIM mostró diferencias en la composición de especies entre sitios. Se registraron gremios de organismos descomponedores, depredadores y polinizadores. La estructura comunitaria de los artrópodos terrestres es diversa, con diferencias entre la zona conservada y en restauración, además cumple un gran número de funciones, entre estos, el grupo de los polinizadores que puede contribuir como un buen indicador en el proceso de restauración del manglar en la costa norte de Yucatán.

Palabras clave: insectos; indicador ecológico; polinizadores; restauración ecológica; sucesión ecológica.

Manuscrito recibido el 08 de noviembre de 2023, aceptado el 23 de septiembre de 2024.

ABSTRACT

The aim of this research is to characterize and to compare the structure and function of terrestrial arthropods in a mangrove site under restoration process versus a conserved mangrove. The organisms were collected during 2018 and 2019 in a restoration and conservation mangrove sites over three climatic seasons. The specimens were obtained through five transects (ten meters each), using three direct methods (manual collection, sweep net, aerial net); the organisms were taxonomically identified, they were classified by functional group and finally their relationship with the mangrove restoration was observed. Seventy-six species and morpho-species, 28 families and 13 Orders were identified. Hymenoptera and Araneae were dominants. Alpha diversity was greater in the restoration area ($H'=2.39$) than in the conserved site ($H'=1.95$), evenness had similar results ($J'=0.65$ in the restoration site and $J'=0.49$ in the conserved). Beta diversity showed 19% similarity between sites. The ANOSIM showed significant differences in composition species between sites. Decomposing organisms, predators and pollinators were found. Pollinators presented a significant relationship with the functionality of the mangrove. The community structure of terrestrial arthropods is diverse, with differences between the conserved and restored areas, in addition, it fulfills many functions, among these, the group of pollinators can contribute as a good indicator in the restoration process of the mangrove swamp on the north coast of Yucatan.

Keywords: insects; ecological indicator; pollinators; ecological restoration; ecological succession.

INTRODUCCIÓN

La estructura y función ecológica del manglar están determinadas por factores geomorfológicos, hidrológicos y biológicos, que determinan los diversos servicios ecosistémicos que ofrecen (Thom, 1984; Twilley et al., 1998; Rodríguez et al., 2018). Sin embargo, en los últimos años, la estabilidad de estos bosques ha sido amenazada debido a los constantes cambios en su hidrología y estructura ocasionados por diversos impactos como el cambio de uso de suelo para desarrollo portuario, urbano y de ampliación de vías de comunicación (Palomeque de la Cruz et al., 2017).

En México, se ha perdido gran parte de la cobertura de manglar debido a desastres naturales y principalmente por la continua perturbación antropogénica (Flores et al., 2010; Valderrama-Landeros et al., 2017). Ante esta pérdida, ha sido necesario desarrollar proyectos de restauración los cuales deben ser monitoreados y comparados con sitios de referencia a través del tiempo (Callaway et al., 2001; Ruíz-Jaen y Aide, 2005; Teutli-Hernández, 2017).

No obstante, generalmente el monitoreo se enfoca en las variables estructurales de vegetación y pocas veces son considerados indicadores relacionados con la diversidad faunística, particularmente de artrópodos (Lytzau-Forup y Memmott, 2005; Moreno-Mateos et al., 2012; Brown et al., 2014; Teutli-Hernández, 2017), los cuales realizan funciones importantes es el ecosistema como el control biológico, la herbivoría, la dispersión de semillas y la polinización (Budiadi et al., 2020). Por consecuencia, la problemática de la pérdida de manglares trae como resultado un daño a la diversidad de artrópodos y la pérdida de interacciones bióticas, la cual es aún poco conocida.

La fauna que habita el ecosistema de manglar es única, con funciones específicas en comparación con otros ecosistemas naturales (Carranza et al., 2008). Los artrópodos terrestres, en su mayoría insectos, son muy abundantes en todos los ecosistemas terrestres y realizan funciones como la degradación de materia orgánica, la polinización, el control de plagas mediante la depredación de herbívoros, etc.

Sin embargo, el conocimiento de la composición taxonómica y sus funciones ecológicas en zonas conservadas y restauradas de manglares es incipiente (Kulkarni y Mukadam, 2015; Lee et al., 2017; Chung et al., 2018; Budiadi et al., 2020). La mayoría de la información obtenida se ha limitado a listados faunísticos enfocados al grupo de insectos, dejando de lado la estructura general y función ecológica que ejercen dentro del ecosistema de manglar (Moreno-Mateos, 2012; Lee et al., 2017). En este sentido, en años recientes Ortíz Reyes et al. (2018) analizaron la diversidad y las interacciones biológicas en manglares de Colombia, mientras que Chung et al. (2018) y Budiadi et al. (2020), analizaron los cambios en la diversidad de insectos en sitios de manglar rehabilitados en diferentes partes de Asia.

Además de la poca información sobre la recuperación de la diversidad de artrópodos tras una perturbación, en los últimos años se ha observado una gran disminución de artrópodos terrestres (Lister y García, 2018), ocasionada principalmente por la transformación, degradación y fragmentación de su hábitat natural (Macleay y Wilson, 2011; SEMARNAT, 2019). El objetivo de esta investigación fue describir y evaluar la estructura y la función de los artrópodos terrestres en dos manglares, uno que se encuentra en proceso de restauración y en un sitio de referencia en buena condición, en la ciénega de Progreso, Yucatán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El área de estudio se ubica en la ciénega de Progreso, Yucatán, localizada a 21° 16'01" latitud norte (N) y 89° 39'40" longitud oeste (O), a un costado de la carretera Mérida-Progreso (Fig. 1). Presenta un clima de tipo BSh, semiárido cálido de acuerdo con el sistema de Köppen. La temperatura media anual es de 26-28 °C (máxima 37.9 °C y mínima de 13.6 °C). La precipitación es de 315.3 a 893.5 mm al año. La mayor precipitación se registra en junio y la menor precipitación en el mes de abril (Mendoza, 2018; Vázquez-Lule et al., 2019). De acuerdo con estas características de precipitación y temperatura, en la zona se presentan tres épocas climáticas, (de noviembre a febrero) la época de nortes se caracteriza por fuertes vientos del noreste (50-90 km/h) y precipitaciones asociados a frentes polares, la época de secas es la de mayor temperatura y menor precipitación, abarcando los meses de marzo, abril y mayo, mientras que la época de lluvias con mayores precipitaciones abarca los meses de junio a octubre (Herrera-Silveira, 1994).

La construcción de la carretera Mérida-Progreso seccionó la ciénega disminuyendo el flujo natural del agua, provocando la muerte y fragmentación de la comunidad de manglar (Quezada-Domínguez y Frías, 2006; García de Fuentes et al., 2011). A principios del siglo XXI, comenzó el interés por rehabilitar la zona de manglar impactado, implementando un programa de restauración hidrológica en el año 2007, el cual tenía como meta la apertura y construcción de canales permitiendo así el flujo de agua (Herrera-Silveira et al., 2012). Como resultado, hubo un proceso de regeneración natural dominado por la especie *Avicennia germinans* (L.) (Echeverría-Ávila, 2014; Echeverría-Ávila et al., 2019). Por lo que esta zona se designó como sitio en proceso de restauración (sitio-R), mientras que el sitio de referencia o sitio conservado (Sitio-C) se designó un área ubicada a un costado de la zona perturbada, este sitio presenta vegetación de mangle rojo y negro en buena condición (García-Martínez, 2020) (Fig. 1).

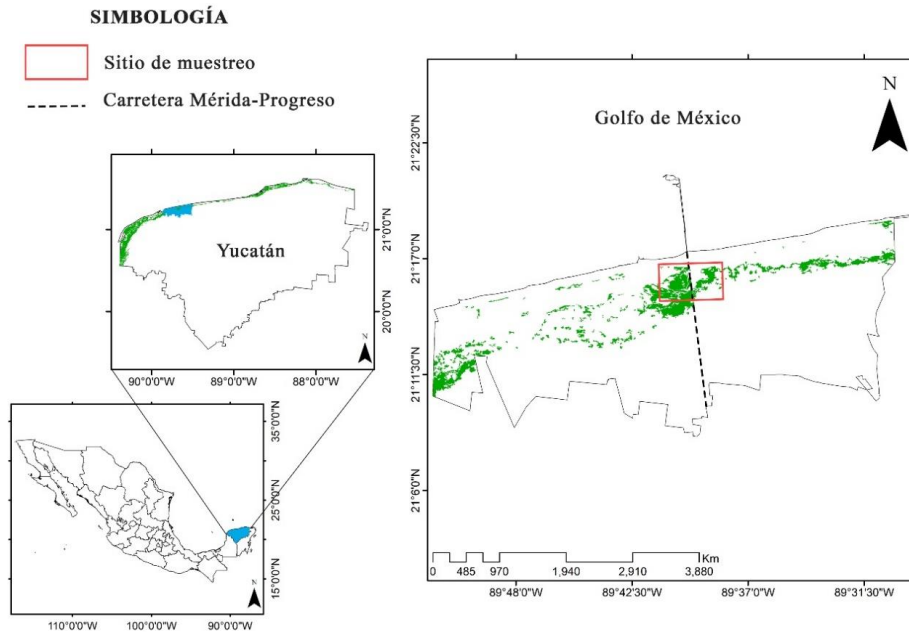


Fig. 1. Ubicación del área de estudio en la península de Yucatán, lado izquierdo de la carretera se encuentra el sitio conservado, del lado derecho de la carretera está el sitio en proceso de restauración/ Fig. 1. Study area in the Yucatan Peninsula, on the left side of the road is the conserved site, on the right side of the road is the restoration site.

Estructura vegetal y diversidad de artrópodos

Se realizó una recolecta por cada temporada climática (frentes fríos, lluvias y secas) durante los años 2018 y 2019. En el sitio en restauración (sitio-R) y en el sitio conservado (sitio-C) se establecieron cinco transectos de 10 metros dentro de los cuales se midieron las variables estructurales de la vegetación tales como: identificación de especie, altura (m), diámetro a la altura del pecho (cm), cobertura (m) así como el número de flores, propágulos y botones de cada árbol por metro cuadrado (Villeda et al., 2018) como indicador de reproducción y como fuente de alimento para el grupo clave de los polinizadores.

En cada transecto, se colectaron artrópodos mediante tres métodos: 1) manual, 2) red de golpeo y, 3) red aérea (Márquez, 2005) en un horario de 8:00 a 13:00 horas. Los organismos recolectados se conservaron en alcohol al 70%. Las mariposas fueron sacrificadas en campo y se guardaron en bolsas de papel *glassine*, mientras que las libélulas se sacrificaron en cámara letal para conservar su coloración (Simmons y Muñoz-Saba, 2005). Todos los artrópodos terrestres recolectados fueron identificados hasta la categoría taxonómica más baja posible en el laboratorio de Biología de la Conservación de la UNAM ubicado en el Parque Científico Tecnológico de Yucatán (PCTY) por medio de guías de identificación (Borror y White, 1970; Eaton y Kauffman 2007; Bradley 2019).

Para determinar la estructura vegetal se estimó el índice de valor de importancia (IVI) (Curtis y McIntosh, 1951), usando la siguiente fórmula:

$$IVI = \text{Densidad relativa} + \text{Dominancia relativa} + \text{Frecuencia relativa}$$

En cuanto a la fauna, los siguientes índices se utilizaron para determinar la riqueza de especies, la diversidad alfa (α) y diversidad beta (β) entre sitios (Moreno, 2001):

- 1) Diversidad α : Índice de Shannon-Wiener (H').
- 2) Diversidad β : Índice de similitud de Jaccard
- 3) Equidad: Índice de Pielou (J)

Análisis estadísticos

Para detectar si existían diferencias significativas entre la comunidad de artrópodos entre el sitio en proceso de restauración y el sitio de referencia, se realizó un análisis de similitudes (ANOSIM) de dos vías categorizando los factores como sitio (conservado y restaurado) y época climática (lluvias, secas y nortes) con el programa estadístico PRIMER-e 7 (Clarke y Gorley, 2015). Para describir y analizar la función de los artrópodos terrestres, los organismos fueron agrupados en gremios y grupos funcionales (Blondel, 2003; Cordero, 2008). Finalmente, se realizó una correlación de Spearman con el programa Statistica 10 para observar si existe relación entre los grupos funcionales y el número de flores, propágulos y botones.

RESULTADOS

Estructura vegetal

Dentro del sitio en proceso de restauración (Sitio-R), la especie dominante fue *Avicennia germinans*, mientras que en el sitio de referencia (Sitio-C), la especie con mayor presencia fue *Rhizophora mangle* (Tabla 1). Los individuos de manglar con mayor altura, coberturas y diámetros se observaron en el Sitio-C, (Fig. 2); además la mayoría de los árboles se encontraban en estado adulto en comparación con los árboles de mangle del sitio restaurado, en donde predominaban los juveniles.

Tabla 1. Índice de valor de importancia (IVI%) de las especies de mangle del sitio en restauración y el sitio conservado/ Table 1. Importance value index (IVI%) of mangrove species at restoration and conservation sites.

Sitio	Especie de mangle	IVI %
Restaurado	<i>Avicennia germinans</i>	42.1
	<i>Rhizophora mangle</i>	18.5
Conservado	<i>Avicennia germinans</i>	6.9
	<i>Rhizophora mangle</i>	32.4

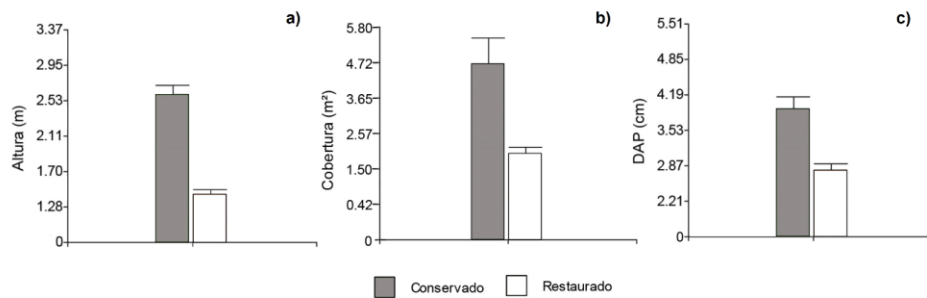


Fig. 2. Variables estructurales de los árboles de manglar dentro de los sitios en restauración y conservado a) altura, b) cobertura, c) diámetro a la altura del pecho (DAP)/ Fig. 2. Structural variables of mangrove at the restoration and conserved sites a) height, b) canopy cover, c) diameter at breast height (DBH).

El número de propágulos, flores y botones se mantuvo similar entre el Sitio-C y Sitio-R durante las épocas de nortes y secas, mientras que para la época de lluvias el Sitio-R presentó un aumento notable en la abundancia de estas estructuras reproductivas (Fig. 3).

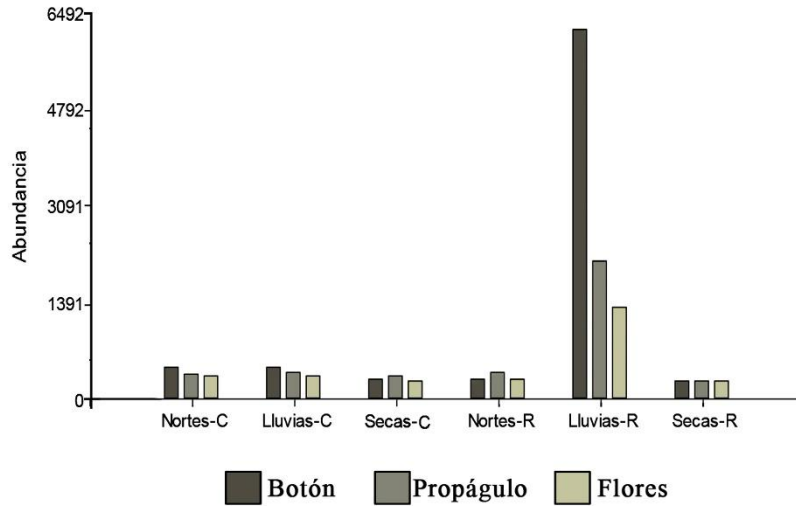


Fig. 3. Abundancia de las estructuras reproductivas (botones, flores y frutos) de los manglares entre sitios y épocas climáticas/ Fig. 3. Abundance of mangrove reproductive structures (buds, flowers and fruits) between sites and climatic seasons.

Estructura y función de los artrópodos

Se recolectaron un total de 1346 organismos (entre ninfas, juveniles y adultos) incluidos en 13 órdenes (Tabla 2). El orden Hymenoptera (Clase: Insecta), fue el taxón dominante en ambos sitios con una abundancia de 52%. En este orden, las hormigas (género *Cremastogaster*) fueron las más abundantes, en el Sitio-C. En el Sitio-R la especie más abundante del orden Hymenóptera fue *Apis mellifera*, sobre todo durante la época de lluvias (Fig. 4).

Otros órdenes con una abundancia importante en ambos sitios fueron Araneae (15%) y Mesostigmata (24%) (Clase: Arachnida). Sin embargo, Araneae (particularmente *Micrathena funebris*) fue dominante en el sitio-R; mientras que los ácaros fitoseidos (Orden: Mesostigmata, Familia: Phytoseiidae) fueron dominantes en el sitio-C (Fig. 4).

La diversidad alfa (Shannon) y la equidad (Pielou) fueron mayores en el manglar en proceso de restauración ($H'=2.39$; $J'=0.65$) que en el conservado ($H'=1.95$; $J'=0.49$), mientras que la diversidad beta registró una similitud de 19% entre los sitios, compartiendo 15 especies de un total de 106 (55 exclusivas de la zona conservada y 38 exclusivas de la zona en restauración). Esto indica que la artropofauna terrestre registrada en el sitio conservado y en el sitio en restauración es diferente. De igual manera, el análisis de similitudes (ANOSIM), mostró diferencias significativas ($R=0.333$, $p=0.001$) en la composición de las especies entre ambos sitios.

De acuerdo con los recursos alimenticios que explotan, los artrópodos terrestres se clasificaron en seis gremios tróficos para el Sitio-C (omnívoro, polinívoro, fitófago, entomófago, nectarívoro y detritívoro), mientras que para el Sitio-R se clasificaron siete gremios tróficos (omnívoro, polinívoro, fitófago, entomófago, nectarívoro, hematófago y detritívoro). Respecto a los grupos funcionales para el Sitio-C se identificaron cuatro (carnívoros oportunistas, depredadores, herbívoros y polinizadores) mientras que para el Sitio-R se identificaron seis grupos funcionales (carnívoros oportunistas y depredadores con más del 90% de la abundancia total, polinizadores con el 7% y vectores de enfermedades con el 8%) (Fig. 5).

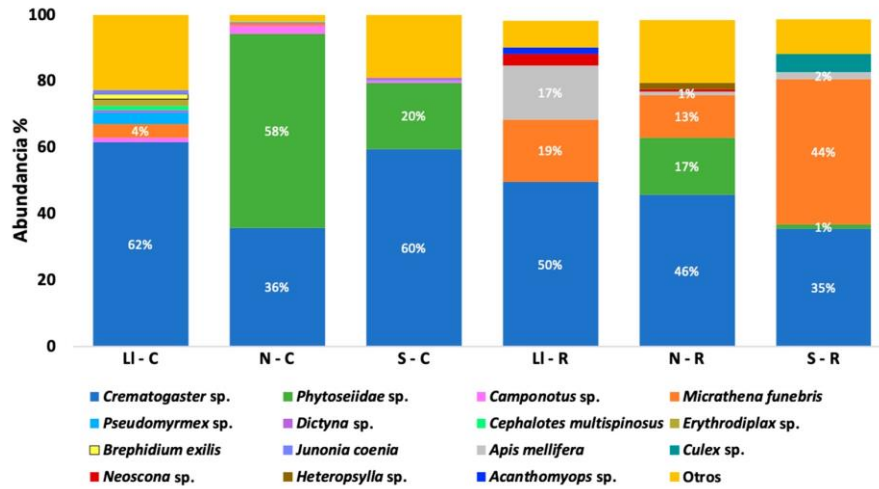


Fig. 4. Abundancia relativa de los artrópodos terrestres en las épocas de lluvias (LI), nortes (N) y secas (S) en los sitios conservado (C) y restaurado (R)/ Fig. 4. Relative abundance of terrestrial arthropods in the rainy (LI), “nortes” (N) and dry (S) seasons in the conserved (C) and restored (R) sites.

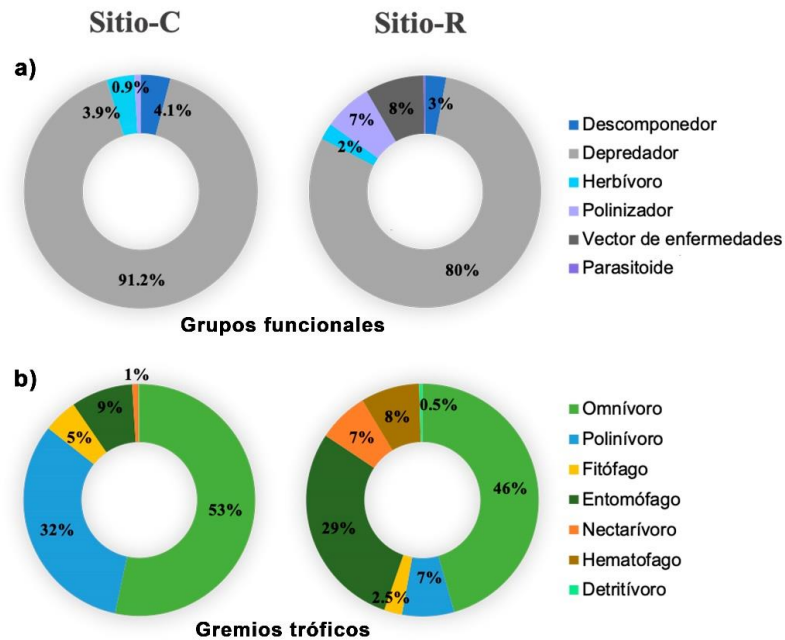


Fig. 5. a) Gremios y b) grupos funcionales de los artrópodos terrestres dentro de los sitios en restauración y conservado/ Fig. 5. a) Guilds and b) functional groups of terrestrial arthropods in the restoration and conservation sites.

El análisis de correlación (Tabla 3) entre las variables estructurales de los manglares y la abundancia de los artrópodos terrestres mostró correlaciones positivas entre el grupo funcional depredador y las fases reproductivas de los manglares (frutos, flores y botones) tanto en la zona conservada como en la que se encuentra en proceso de restauración, sin embargo la única correlación significativa se presentó entre el grupo funcional de los polinizadores (*A. mellifera*) y las estructuras reproductoras del manglar (flores).

Tabla 3. Correlación de Spearman ($p < 0.05$), entre la abundancia de los artrópodos terrestres por grupo funcional y las fases reproductivas de los manglares por zona. Los resultados sombreados indican las relaciones con diferencias significativas/
 Table 3. Spearman correlation ($p < 0.05$) of the abundance of terrestrial arthropods by functional group and the reproductive phases of mangroves by area. Shaded results indicate relationships with significant differences.

Grupo funcional	Zona en proceso de restauración			Zona Conservada		
	Frutos	Flores	Botones	Frutos	Flores	Botones
Depredador	0.16	0.24	0.31	0.58	0.70	0.27
Descomponedor	0.07	-0.02	-0.08	-0.11	-0.14	-0.30
Herbívoro	-0.13	-0.09	-0.19	-0.29	0.23	0.01
Parasitoide	-0.22	-0.17	-0.17	-----	-----	-----
Polinizador	0.26	0.39*	0.37*	0.12	0.30	0.30
Vector de enfermedades	-0.12	-0.11	-0.24	-----	-----	-----

DISCUSIÓN

Estructura vegetal

La diferencia en la dominancia de especies de manglar entre las zonas restaurada (*A. germinans*) y conservada (*R. mangle*) se debe al aporte de nutrientes provenientes de los manantiales y salinidades menores debidas al flujo de agua marina influenciado por la dársena de YucaPetén (Teutli-Hernández, 2004), así como a las diferentes características del hidropereodo y la topografía que presentan ambos sitios (Teutli-Hernández, 2004; Teutli-Hernández y Herrera-Silveira, 2016). En la zona restaurada, la interrupción del flujo de agua tuvo como consecuencia un incremento en la salinidad (Pinzon, 2017), la apertura de canales contribuyó a la disminución en la salinidad intersticial (< 60 ppm) debido a que el agua se filtra y diluye las elevadas concentraciones de sal, lo que permite el establecimiento de especies de manglar (Teutli-Hernández, 2004; Teutli-Hernández y Herrera-Silveira, 2016). *A. germinans*, que tiene mayor tolerancia a la salinidad, es la especie dominante en el sitio en restauración.

La alta composición estructural de botones y frutos de *A. germinans* dentro del sitio en proceso de restauración se debe a los valores mínimos de salinidad que generan las lluvias (Camacho Rico et al., 2021). Esta condición favorece la germinación, el desarrollo y la dispersión de propágulos. Por otro lado, la producción de flores se debe una presión selectiva que presentan los árboles jóvenes de *A. germinans*, el cual consiste en destinar cantidades significativas de recursos a la producción de flores. Todos estos procesos son una estrategia para aumentar las probabilidades de sobrevivencia de las semillas y asegurar la siguiente generación de manera exitosa (Rodríguez-Ramírez et al., 2004; Sánchez-Núñez, 2009; Badii et al., 2013).

Estructura y función de los artrópodos

La diferencia estructural de la vegetación y las diferentes condiciones ambientales son factores que afectan la composición y la diversidad de la artropofauna en los ecosistemas de manglar (Weisser y Seiman, 2008; Budiadi et al., 2020). De acuerdo con los índices utilizados, la diversidad y equidad fueron mayores dentro del Sitio-R. Este resultado se puede comprender por la hipótesis de disturbio intermedio, la cual explica que las variaciones en las condiciones

ambientales y estructurales crean nuevos nichos y favorecen a especies oportunistas, por lo tanto, un aumento de la diversidad (Connell, 1978; Petraitis et al., 1989). Las actividades de restauración pueden causar un incremento en el número de especies debido a las condiciones cambiantes del hábitat como resultado de la restauración y la consecuente sucesión ecológica (Budiadi et al., 2020). Debido a esto, autores como Chung et al (2018), han utilizado la diversidad de insectos como una herramienta para evaluar la restauración en manglares, ya que en etapas sucesionales tempranas pueden aumentar las especies generalistas u oportunistas, disminuyendo la diversidad etapas más avanzadas de la restauración en donde dominarían organismos más especialistas.

El mayor número de gremios y grupos funcionales registrados en el sitio en restauración (Sitio-R) puede explicarse por la apertura de nuevos nichos producto de la sucesión ecológica ocasionada por la restauración (Odum, 1969; Chung et al., 2018). Ambos sitios están constituidos fundamentalmente por depredadores y organismos omnívoros, los cuales estuvieron representados por hormigas del género *Crematogaster*. La dieta de estos organismos se compone de restos vegetales y animales, así como de sustancias azucaradas (Villegran-Pinteño, 1992), sin embargo, varias investigaciones indican a *Crematogaster* como especie depredadora generalista y controlador de plagas en los agroecosistemas (Aldana de la Torre et al., 1998; Mera-Velasco et al., 2010).

Estas hormigas son territoriales y presentan un comportamiento agresivo con otras especies, lo que les permite competir con especies más débiles y aprovechar mejor los recursos, esto les proporciona mayor acceso al alimento y asegurar un mayor éxito reproductivo (Silvestre et al., 2003; Salazar-Salazar, 2009; Robles-López, 2017). El grupo funcional de los herbívoros/fitófagos presenta un rol principal en el control de los propágulos y sobre el reciclaje de nutrientes (Costa-Acosta et al., 2014; Gómez-García et al., 2015). Los parasitoides y depredadores/entomófagos funcionan como controladores biológicos, principalmente sobre especies fitófagas y hematófagas (Clough et al., 2005; Clavijo-Awazacko y Amarillo-Suarez, 2013).

Cabe destacar el gremio de los nectarívoros y polinizadores (como grupo funcional), representan organismos clave en el ecosistema para la reproducción del manglar, principalmente del género *Avicennia* (Panda et al., 2019). Estos últimos organismos tuvieron mayor abundancia en el sitio en proceso de restauración debido a la abundancia floral que presentó este sitio. La abundancia de abejas en zonas de manglar ha sido reportada por Panda et al (2019), en donde del total de insectos visitantes florales, más del 82% fueron abejas y el 73% de ellas fueron del género *Apis*. Esta mayor abundancia de abejas en la zona restaurada, en donde la especie dominante es *A. germinans* puede deberse a la diferencia de la forma de polinización de otras especies de manglar, como *R. mangle* en la zona conservada, la cual se da principalmente por el viento (anemocoria) (Peña-Villagómez y Bonifaz-Balseca, 2020).

El papel ecológico de varios organismos como los polinizadores puede considerarse como un bioindicador de la rehabilitación de los ecosistemas (Carignan y Villard, 2002; Ellison, 2008; Holt y Miller, 2010; Budiadi et al., 2020). Otros organismos depredadores como las arañas funcionan como indicadores del grado de intervención antrópica o de la estructura vegetal dominante, las cuales fueron más abundantes en la zona en restauración (Chen y Tso, 2004; Schmidt, et al. 2005; Castiglioni et al., 2017). Algunos escarabajos como los carábidos (Orden: Coleoptera, Familia: Carabidae) y otras familias se han citado como buenos indicadores de la diversidad del ambiente, pero su valor está influenciado por el método de muestreo y la escala espacial del estudio (Duelli y Obrist, 2003; Sauberer et al., 2004).

Por otro lado, los organismos descomponedores también pueden considerarse como bioindicadores de la sucesión ecológica (Budiadi et al., 2020), sin embargo, su rol como indicador se ha limitado en sitios de manglar.

La relación positiva entre las variables estructurales, en este caso las flores del manglar y la abundancia de los artrópodos (principalmente organismos polinizadores) dentro del sitio en proceso de restauración, se vuelve una herramienta importante para comprender el funcionamiento del ecosistema (Lytzau-Forup y Memmott, 2005; Schuldt et al., 2014; Córdova-Tapia y Zambrano, 2015; Rivas-Arancibia et al., 2015; Torres et al., 2017), Las abejas son el principal polinizador del mangle negro, por lo que su abundancia evidencia la polinización en la zona restaurada. Diferentes autores han mencionado que la relación entre mangle y organismos polinizadores beneficia tanto al ecosistema como a la sociedad ya que uno de los servicios ecosistémicos para las poblaciones locales es la obtención y venta de “miel de manglar” (ECOSUR, 2018; Panda et al., 2019).

Dadas las diferencias entre las especies de artrópodos terrestres en las zonas de manglar conservado y en restauración, y a la variedad de las funciones que realizan estas especies en los manglares, hay autores como Chung et al. (2018), quienes mencionan que existen especies que pueden utilizarse como indicadores para evaluar la recuperación del ecosistema de manglar desde un punto de vista estructural y funcional, lo cual puede observarse en el ecosistema de manglar en Progreso, Yucatán.

Se puede concluir que las actividades de restauración hidrológica dentro de la ciénega de Progreso han facilitado la aparición de nichos disponibles, el crecimiento de la cubierta vegetal de manglar y, por tanto, el funcionamiento del sistema, dicha función proporciona servicios ecosistémicos, la diversidad de artrópodos terrestres fue diferente entre las zonas conservada y restaurada, los himenópteros fueron los organismos dominantes, resaltando la abundancia de hormigas del género *Crematogaster*, depredadores generalistas de características oportunistas que aprovechan todo tipo de recursos alimenticios, los gremios tróficos y grupos funcionales fueron diferentes entre manglares conservados y restaurados, la artropofauna presentó una estrecha relación con la estructura del hábitat por la presencia de estructuras reproductivas, específicamente las flores de *A. germinans* con *A. mellifera*.

Los artrópodos terrestres son un buen indicador del estado de conservación de los ecosistemas de manglar debido a su gran diversidad, a que explotan una gran variedad de recursos y a que ocupan diversos niveles en la red trófica del ecosistema, por lo que la diversidad de especies y de gremios alimenticios reflejan la recuperación de funciones, como son la alimentación, el nicho funcional, así como el estado de salud del ecosistema, por lo tanto, es importante realizar el seguimiento a diferentes tiempos de la restauración para identificar especies sucedáneas y la colonización de nichos en el funcionamiento del ecosistema de manglar. En el manglar de la ciénega de Progreso, se registraron artrópodos de distintos niveles tróficos, desde descomponedores y omnívoros generalistas, hasta depredadores y especialistas como los polinizadores, los cuales sirvieron como indicadores de éxito en la restauración del sistema debido a que favorecen el desarrollo del ecosistema de manglar.

Tabla 2. Composición taxonómica de los artrópodos terrestres asociados dentro de los sitios de manglar/ Table 2. Taxonomic composition of terrestrial arthropods in mangrove sites.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE/MORFOESPECIE	Sitio-C	Sitio-R	Abundancia
Malacostraca	Isopoda	Rhyscotidae	<i>Rhyscotus</i> sp.	1		1
Insecta	Odonata		Odonata sp.1		1	1
		Libellulidae	<i>Erythrodiplax</i> sp.	1		1
			<i>Erythrodiplax vesiculosa</i>	1		1
			<i>Erythrodiplax basilis</i>		2	2
			<i>Erythrodiplax berenice</i>	1	1	2
			<i>Miathyria</i> sp.		1	1
		Orthoptera	Mogoplistidae	<i>Onerbius</i> sp.		1
	Blattodea		Blattodea sp.1	1		1

Continuación [Tabla 2/](#) continuation [Table 2.](#)

	Thysanoptera	Thripidae	Thripidae sp.1	7		7	
	Hemiptera		Hemiptera sp.1	17		17	
			Hemiptera sp.2	1		1	
			Hemiptera sp.3	1		1	
			Hemiptera sp.4	3		3	
			Hemiptera sp.5		1	1	
			Hemiptera sp.6	1		1	
			Alydidae	Alydidae sp.1		2	2
				Alydidae sp.2	1		1
			Cicadellidae	<i>Dalbulus</i> sp.	1	1	2
			Coccidae	<i>Coccus viridis</i>	1		1
			Margarodidae	<i>Icerya purchasi</i>		1	1
			Psyllidae	<i>Heteropsylla</i> sp.		4	4
		Psocodea	Liposcelididae	Liposcelididae sp.1	1		1
	Hymenoptera		Hymenoptera sp.1	1		1	
			Apidae	<i>Apis mellifera</i>	1	23	24
			Chalcididae	<i>Conura</i> sp.		1	1
			Formicidae	Formicidae sp.1		2	2
				Formicidae sp.2	1		1
				<i>Acanthomyops</i> sp.		2	2
				<i>Camponotus atriceps</i>	1		1
				<i>Camponotus planatus</i>	13		13
				<i>Cephalotes multispinosus</i>	3		3
				<i>Crematogaster</i> sp.	23	63	86
				<i>Crematogaster ashmeadi</i>	182	62	244
				<i>Crematogaster rifeana</i>	250	66	316
				<i>Pseudomyrmex</i> sp.	1	2	3
				<i>Pseudomyrmex</i> sp.1	1		1
				<i>Pseudomyrmex pallidus</i>	4		4
			Halictidae	<i>Lasioglossum</i> sp.	1		1
		Coleoptera	Tenthredinidae	Tenthredinidae sp.1		2	2
				Coleoptera sp.1	1		1
				Buprestidae	<i>Chrysobothris</i> sp.	1	
			Carabidae	<i>Cicindela</i> sp.		1	1
			Elatoridae	<i>Melonotus rugulipennis</i>	2		2
			Latridiidae	Latridiidae sp.1	1		1
			Leiodidae	Leiodidae sp.1		2	2
	Diptera	Bombyllidae	Bombyllidae sp.1	1		1	
			Ceratopogonidae	Ceratopogonidae sp.1		28	28
			Culicidae	<i>Culex</i> sp.		8	8
			Phoridae	Phoridae sp. 1		2	2
			Syrphidae	Syrphidae sp.1	1		1
				<i>Palpada</i> sp.		1	1
			Lepidoptera	Lepidoptera sp.1	6	1	7
		Lycaenidae	<i>Brephidium exilis</i>	2	3	5	
		Nymphalidae	<i>Agraulis</i> sp.		1	1	
			<i>Junonia coenia</i>	2	2	4	
Arachnida	Araneae	Araneidae	Araneidae sp.1	1		1	
			Araneae sp. 2	1		1	
			Araneae sp.3	48		48	
			Araneae sp.4		1	1	
					1	1	

Continuación [Tabla 2](#)/ continuation [Table 2](#).

		<i>Gasteracantha cancriformis</i>			
		<i>Micrathena funebris</i>	8	108	116
		<i>Neoscona</i> sp.	2	6	8
		<i>Verrucosa</i> sp.	1		1
	Dictynidae	Dictynidae sp.1	1		1
		<i>Dictyna</i> sp. 1	1		1
		<i>Dictyna</i> sp. 2	4		4
	Mysmenidae	Mysmenidae sp.1		1	1
		Mysmenidae sp.2	1		1
	Salticidae	Salticidae sp.1	1		1
		Salticidae sp.2	3	3	6
		<i>Hentzia</i> sp.	1	1	2
	Tetragnathidae	Tetragnathidae sp.1	1		1
	Thomisidae	Thomisidae sp.1	1		1
		<i>Mecaphesa</i> sp.		1	1
Mesostigmata	Phytoseiidae	Phytoseiidae sp.1	292	32	324
		TOTAL	905	441	1346

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Maribel Badillo Alemán y a Alfredo Gallardo Torres por el apoyo prestado en el procesamiento de muestras en el laboratorio de Biología de la Conservación del Parque Científico y Tecnológico UNAM. Al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación tecnológica (PAPIIT-UNAM), clave del proyecto: IN216219. Así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca del programa de maestría (número 703123) otorgada a GGM.

REFERENCIAS

- Aldana de la Torre, R., ... y Arias, D. (1998). Papel de la hormiga *Crematogaster* spp. en el control natural de *Leptopharsa gibbicarina* en una plantación de palma de aceite de la Zona Central. *Palmas*, 19(4), 25-32.
- Badii, M. H., ... y Cerna, E. (2013). Patrones reproductivos. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 8(1), 55-63.
- Blondel, J. (2003). Guilds or functional groups: does it matter? *Oikos*, 100(2), 223-231. <https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2003.12152.x>
- Borror, D. J. y White, R. E. (1970). *A field guide to the insects. America North of Mexico*. Houghton Mifflin Company.
- Bradley, R. A. (2019), *Common spiders of North America*. University of California Press.
- Brown, B., ... y Ahmad, R. (2014). Case study: community Based Ecological Mangrove Rehabilitation (CBEMR) in Indonesia from small (12-33 ha) to medium scales (400 ha) with pathways for adoption at larger scales (> 5000 ha). *Sapiens*, 7(2), 1-12.
- Budiadi, B., ... y Atus, S. (2020). Changes in insect biodiversity on rehabilitation sites in the southern coastal areas of Java Island, Indonesia. *Biodiversitas*, 21(1), 1-7. <http://dx.doi.org/10.13057/biodiv/d210101>
- Callaway, J. C., ... y Zedler, J. B. (2001). Assessment and monitoring. En J. B. Zedler (Ed.), *Handbook for restoring tidal wetlands* (pp. 271-336). CRC Press.
- Camacho Rico, A., ... y Teutli-Hernández, C. (2021). Influencia de la salinidad en el almacén y flujos de carbono en manglares de franja de una zona cárstica. *Madera y Bosques*, 27(4), e2742426 <https://doi.org/10.21829/myb.2021.2742426>

- Carignan, V. y Villard, M. A. (2002). Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 78, 45-61. <https://doi.org/10.1023/A:1016136723584>
- Carranza, M. L., ... y Ciaschetti, G. (2008). Ecosystem classification for EU habitat distribution assessment in sandy coastal environments: an application in Central Italy. *Environmental Monitoring and Assessment*, 140, 99-107. <https://doi.org/10.1007/s10661-007-9851-7>
- Castiglioni, E., ... y Fagúndez, C. (2017). Arañas y carábidos como potenciales bioindicadores en ambientes con distinto grado de intervención antrópica en el este uruguayo: un estudio preliminar. *INNOTEC*, (13), 106-114. <https://doi.org/10.26461/13.11>
- Chen, K-C. y Tso, I. M. (2004). Spider diversity on Orchid Island, Taiwan: A comparison between habitats receiving different degrees of human disturbance. *Zoological Studies*. 43(3), 598-611.
- Chung, A. Y. C., Tangah, J. y Japir, R. (2018). Insect diversity as a tool to monitor the status of a rehabilitated mangrove site in Sabah. *Sepilok Bulletin*, 27(1), 30-50.
- Clarke, K. R. y Gorley, R. N. (2015). PRIMER v7: User Manual/Tutorial. PRIMER-E Ltd. UK. 296p. <https://learninghub.primer-e.com/books/primer-v7-user-manual-tutorial/page/download>
- Clavijo-Awazacko, H. y Amarillo-Suárez, A. (2013). Variación taxonómica y funcional en la artopofauna asociada a comunidades vegetales en humedales altoandinos (Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 39(1), 155-163.
- Clough, Y., ... y Tschardtke, T. (2005). Spider diversity in cereal fields: comparing factors at local, landscape and regional scales. *Journal of Biogeography*, 32(11), 2007-2014. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01367.x>
- Connell, J. H. (1978). Diversity in tropical rainforest and coral reefs. *Science*. 199(4335), 1302-10. <https://doi.org/10.1126/science.199.4335.1302>
- Cordero, V. A. A. (2008). Composición de los gremios de artrópodos en sistemas vegetales mono-específicos y poliespecíficos de trébol blanco (*Trifolium repens* L.) y ballica italiana (*Lolium multiflorum* Lam.) [Tesis de Licenciatura, Universidad Austral de Chile]. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/fac794c/sources/fac794c.pdf>
- Córdova-Tapia, F. y Zambrano, L. (2015). La diversidad funcional en la ecología de comunidades. *Ecosistemas*, 24(3), 78-87. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2015.24-3.10>
- Costa-Acosta, J., ... y Quintana-Álvarez, L. O. (2014). Caracterización y salud del manglar en el refugio de fauna El Macío, Granma, Cuba. *Ciencia en su PC*, (4), 1-18.
- Curtis, J. T. y McIntosh, R. P. (1951). An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32(3), 476-496. <https://doi.org/10.2307/1931725>
- Duelli, P. y Obrist, M. K. (2003). Biodiversity indicators: the choice of values and measures. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 98(1-3), 87-98. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00072-0](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00072-0)
- Eaton, E. R. y Kaufman, K. (2007). *Field guide of insects of North America*. Hillstar Editions.
- Echeverría-Ávila, C. S. (2014). Evaluación del crecimiento de *Avicennia germinans* (L.) Stearn en un sitio de restauración ecológica en el puerto de Progreso [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Yucatán].
- Echeverría-Ávila, S., ... y Vovides, A. (2019). Regeneración natural de sitios de manglar degradado en respuesta a la restauración hidrológica. *Madera y Bosques*, 25(1), 1-14. <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2511754>
- ECOSUR (El Colegio de la Frontera Sur). (2018). *Mieles mesoamericanas*. Editorial de El Colegio de la Frontera Sur. <https://www.ecosur.mx/mieles/miel-de-manglar/>
- Ellison, A. M. (2008). Managing mangroves with benthic biodiversity in mind: moving beyond roving banditry. *Journal of Sea Research*, 59(1-2), 2-15. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2007.05.003>
- Flores, M. A., ... y Guardado, X. (2010). El impacto que produce el sector turístico en los manglares de las costas mexicanas. *Revista Contactos*, 77, 33-38.

- García de Fuentes, A., ... y Cervera-Montejano, M. D. (2011). *La costa de Yucatán en la perspectiva del desarrollo turístico*. Corredor Biológico Mesoamericano México. Serie Conocimientos / Número 9. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. https://www.biodiversidad.gob.mx/publicaciones/versiones_digitales/CostYucatan.pdf
- García Martínez, G. (2020). Diversidad de artrópodos terrestres asociados a un ecosistema de manglar en proceso de restauración dentro de la ciénega de Progreso, Yucatán [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://132.248.9.195/ptd2020/noviembre/0805509/Index.html>
- Gómez-García, E., ... y Ruíz-Rosado, O. (2015). Daño foliar ocasionado por la herbivoría en árboles de mangle negro (*Avicennia germinans* L.) en Tabasco, México. *Fitosanidad*, 19(3), 213-219.
- Herrera-Silveira, J. A. (1994). Correlaciones de parámetros hidrobiológicos de la laguna de Celestún, Yucatán. *Anales del Instituto del Mar y Limnología*, UNAM, 21, 43-53.
- Herrera-Silveira, J., ... y Andueza, T. (2012). *Rehabilitación de manglares en el estado de Yucatán sometidos a diferentes condiciones hidrológicas y nivel de impacto: el caso de Celestún y Progreso*. Informe Final SNIB-CONABIO. Proyecto GH009. México, D.F. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfGH009.pdf>
- Holt, E. A. y Miller, S. W. (2010). Bioindicators: using organisms to measure environmental impacts. *Nature Education Knowledge*, 3(10), 8.
- Kulkarni, A. y Mukadam, M. (2015). Insect fauna in mangrove ecosystem of Bhatye estuarine region. *International Journal of Current Research and Academic Review*, 3(5), 248-251.
- Lee, S. Y., ... y Nordhaus, I. (2017). Biodiversity. En V. H. Rivera-Monroy, S.Y. Lee, E. Kristensen y R. Twilley, R. (Eds.), *Mangrove Ecosystems: a global biogeographic perspective, structure, function, and services* (pp. 55-86). Springer.
- Lister, B. C. y García, A. (2018). Climate-driven declines in arthropod abundance restructure a rainforest food web. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(44), 10397-10406. <https://doi.org/10.1073/pnas.1722477115>
- Lytzau-Forup, M. y Memmott, F. (2005). The relationship between the abundances of bumblebees and honeybees in a native habitat. *Ecological Entomology*, 30(1), 47-57. <https://doi.org/10.1111/j.0307-6946.2005.00660.x>
- Maclean, I. M. y Wilson, R. J. (2011). Recent ecological responses to climate change support predictions of high extinction risk. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(30), 12337-12342. <https://doi.org/10.1073/pnas.1017352108>
- Márquez, L. J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, (37), 385-408. <http://sea-entomologia.org/PDF/GeneralInsectorum/GE-0056.pdf>
- Mendoza, J. M. (2018). Plan de Desarrollo Municipal, Progreso, Yucatán, 2015-2018: Estrategias con visión de futuro, integralidad y justicia social. Mendoza: Consultoría especializada S.C. México. <https://ayuntamientodeprogreso.gob.mx/PMD2015-2018.pdf>
- Mera-Velasco, Y. A., Gallego-Roperio, M. C. y Armbrrecht, I. (2010). Interacciones entre hormigas e insectos en follaje de cafetales de sol y sombra, Cauca-Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 36(1), 116-126. <http://dx.doi.org/10.25100/socolen.v36i1.9131>
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T - Manuales y Tesis. CYTED, ORCYT-UNESCO, SEA. <http://entomologia.rediris.es/sea/manytas/metodos.pdf>
- Moreno-Mateos, D., ... y Yockteng, R. (2012). Structural and functional loss in restored wetland ecosystems. *PLoS Biology*, 10(1): e1001247 <http://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001247>
- Odum, P. E. (1969). The strategy of ecosystem development. *Science*, 164(3877), 262-270. <https://doi.org/10.1126/science.164.3877.262>
- Ortíz-Reyes, A., ... y Romero-Tabarez, M. (2018). Diversidad e interacciones biológicas en el ecosistema de manglar. *Revista de Ciencias*, 22(2), 111-127. <http://doi.org/10.25100/rc.v22i2.7925>

- Palomeque de la Cruz, M. A., ... y Escalona Maurice, M. J. (2017). Pérdida de humedales y vegetación por urbanización en la cuenca del río Grijalva, México. *Investigaciones Geográficas*, (68), 151-172. <https://doi.org/10.14198/INGEO2017.68.09>
- Panda, M., ... y Murthy, T. V. R. (2019). Insect flower visitors and their role in mangrove pollination: A study from east coast of India. *Journal of Tropical Forestry and Environment*. 9(2), 78-92. <https://doi.org/10.31357/jtfe.v9i2.4470>
- Petraitis, P. S., Latham, R. E. y Nisenbaum, R. A. (1989). The maintenance of species diversity by disturbance. *The Quarterly Review of Biology*, 64(4), 393-418. <https://doi.org/10.1086/416457>
- Peña-Villagómez, Z. y Bonifaz-Balseca, C. (2020). Biología reproductiva del mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.) Puerto El Morro, Provincia del Guayas, Ecuador. *Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales*, 14(2), 182-189. <https://doi.org/10.53591/cna.v14i2.1305>
- Pinzón, V. C. V. (2017). Evaluación de la topografía y su aplicación en la restauración de una zona de manglar en Progreso, Yucatán [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Yucatán]. <http://redi.uady.mx/handle/123456789/4350>
- Quezada-Domínguez, D. y Frías, B. R. (2006). *Puerto Progreso Yucatán: pasado y presente*. Compañía Editorial de la Península, S. A. de C. V.
- Rivas-Arancibia, S. P., ... y Guzmán-Jiménez, S. (2015). Variaciones de la comunidad de visitantes florales de *Bursera copallifera* (Burseraceae) a lo largo de un gradiente de perturbación antropogénica. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86, 178-187. <https://doi.org/10.7550/rmb.44620>
- Robles-López, K. Y. (2017). Hormigas asociadas a mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.) en el Golfo de Urabá y su papel como agentes involuntarios de patógenos inductores de agallas [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia].
- Rodríguez-Ramírez, A., Nivia-Ruíz, J. y Garzón-Ferreira, J. (2004). Características estructurales y funcionales del manglar de *Avicennia germinans* en la bahía de Chengue (Caribe Colombiano). *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 33, 223-244. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2004.33.0.256>
- Rodríguez, Z. M. T., ... y Ortega, A. (2018). Marco de referencia para la integración y análisis de los manglares de México. En Z.M.T. Rodríguez, E. Villeda, A. Vázquez-Lule, M. Bejarano, L. M. I. Cruz, M. Olguín, G. S. A. Villela y R. Flores (Eds.), *Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos: un enfoque espacial multiescala* (pp. 13-27). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Ruiz-Jaen, M. C. y Aidé, M. T. (2005). Restoration success: how is it being measured? *Restoration ecology*, 13(3), 569-577. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2005.00072.x>
- Salazar-Salazar, A. (2009). Agresividad intra e interespecífica en *Crematogaster longispina* Emery, 1890 (Hymenoptera: Formicidae). *Boletín científico Museo de historia natural*. 13, 102-113.
- Sánchez-Núñez, D. A. (2009). Patrones de floración, polinización y producción de frutos de tres especies neotropicales de mangle presentes en humedales de San Andrés isla, Caribe Colombiano [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/70347>
- Sauberer, N., ... y Grabherr, G. (2004). Surrogate taxa for biodiversity in agricultural landscapes of eastern Austria. *Biological Conservation*, 117(2), 181-190. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(03\)00291-X](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(03)00291-X)
- Schmidt, M. H., ... y Tschardtke, T. (2005). Differential effects of landscape and management on diversity and density of ground-dwelling farmland spiders. *Journal of Applied Ecology*, 42(2), 281-287. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2005.01014.x>
- Schuldt, A., ... y Assmann, T. (2014). Tree diversity promotes functional dissimilarity and maintains functional richness despite species loss in predator assemblages. *Oecologia*, 174(2), 533-543. <https://doi.org/10.1007/s00442-013-2790-9>

- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2019). *Biodiversidad* (pp. 218-245). En Informe de la situación del medio ambiente en México. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Ciudad de México, México. https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe18/tema/pdf/Cap4_biodiversidad.pdf
- Silvestre, R., Brandão, C. R. F. y Rosa da Silva, R. (2003). Grupos funcionales de hormigas: el caso de los gremios del Cerrado. En F. Fernández (Ed.), *Introducción a las hormigas de la región Neotropical* (pp. 113-149), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.
- Simmons, J. y Muñoz-Saba, Y. (2005). Categorías de ejemplares. En J. Simmons y Y. Muñoz-Saba (Eds.), *Cuidado, manejo y conservación de las colecciones biológicas* (Pp. 72-74). Universidad Nacional de Colombia. https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Fernandez-4/publication/268819198_La_gestion_en_la_administracion_de_las_colecciones_biologicas/links/54a6a3bd0cf256bf8bb68956/La-gestion-en-la-administracion-de-las-colecciones-biologicas.pdf
- Teutli-Hernández, C. (2004). Estimación del éxito de la restauración hidrológica de zonas de manglar en el norte de Yucatán, México [Tesis de Licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla].
- Teutli-Hernández, C. y Herrera-Silveira, J. A. (2016). Estrategias de restauración de manglares de México: el caso Yucatán. En E. Ceccon y C. Martínez-Garza (Eds.), *Experiencias mexicanas en la restauración de los ecosistemas* (pp. 459-484). UNAM, UAEM, CONABIO. <https://doi.org/10.22201/crim.9786070294778e.2017>
- Teutli-Hernández, C. (2017). Una aproximación a la integración de las escalas ecológicas para la restauración de ecosistemas de manglar [Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona].
- Thom, B. G. (1984). Coastal landforms and geomorphic processes. En S. C. Snedaker y J. G. Snedaker (Eds.), *The mangrove Ecosystem: Research Methods* (pp. 3-17). UNESCO.
- Torres, V. M., González-Reyes, A. X. y Corronca, J. A. (2017). Diversidad taxonómica y funcional de arañas (Araneae) epigeas en bosques nativos de las Yungas (Salta, Argentina). *Caldasia*, 39(2), 326-344. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v39n2.63071>
- Twilley, R. R., ... y Boderó, A. (1998). An approach and preliminary model of integrating ecological and economic constraints of environmental quality in the Guayas River estuary, Ecuador. *Environmental Science & Policy*, 1, 271-288. [https://doi.org/10.1016/S1462-9011\(98\)00012-4](https://doi.org/10.1016/S1462-9011(98)00012-4)
- Valderrama-Landeros, L. H., ... y Ressler, R. (2017). *Manglares de México: actualización y exploración de los datos del sistema de monitoreo 1970/1980-2015*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México.
- Vázquez-Lule, A. D., ... y Adame, M. F. (2009). *Caracterización del sitio de manglar Progreso*. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D. F. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/manglares/doctos/caracterizacion/PY68_Progreso_caracterizacion.pdf
- Villagran-Pinteño, M. (1992). Estudios biológicos sobre *Crematogaster scutellaris* Oliver (Hymenoptera, Formicidae) en Alcornocales de Andalucía Occidental [Tesis de Doctorado, Universidad de Sevilla].
- Villeda, C. E., ... y Cruz, L. M. I. (2018). Muestreo de variables estructurales. En Z. M. T. Rodríguez, E. Villeda, A. D. Vázquez-Lule, M. Bejarano, L. K. I. Cruz, M. Olguín, G. S. A. Villela y R. Flores (Cords.), *Métodos para la caracterización de los manglares mexicanos: un enfoque espacial multiescala* (pp. 71-124). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2018/05/Metodos-para-la-caracterizacion-de-los-manglares-mexicanos-un-enfoque-espacial-multiescala.pdf>
- Weisser, W. W. y Seimann, E. (2008). The various effects of insects on ecosystem functioning. En W.W. Weisser y E. Seimann (Eds.), *Insects and Ecosystem Function* (pp. 3-24) Springer Berlín Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-74004-9_1